我国西南地区蛋禽配合饲料中霉菌毒素的污染分布规律

李雅伶[1] 王建萍[1] 李 云[2] 丁雪梅[1] 白世平[1] 曾秋凤[1] 程传民[2] 高庆军[2] 柏 凡[2*] 张克英[1*]

（1.四川农业大学动物营养研究所，成都 611130；2.农业部饲料质量监督检验测试中心（成都） 成都 610041）

摘 要：本次研究旨在了解霉菌毒素在我国西南地区的污染分布规律。对西南地区（四川、重庆、贵州、广西、云南）来自不同规模饲料厂的蛋禽（蛋鸡、蛋小鸡和蛋鸭）的 95 个配合饲料进行霉菌毒素[黄曲霉毒素 B_1(AFB_1)、玉米赤霉烯酮(ZON)、呕吐毒素(DON)和伏马毒素(FB)]含量的检测，检测方法先用酶联免疫吸附测定试验（ELISA）法初筛，对含量超过国家限量值的 80%的样品运用高效液相色谱法复查。结果表明：1）AFB_1、DON、ZON 和 FB 的检出率分别为 83.16%、93.68%、94.74%和 100%，AFB_1 和 ZON 的超标率分别为 4.21%和 3.16%，而 DON 和 FB 均无超标。不同省市之间蛋禽饲料产品中的 AFB_1、DON 和 ZON 的平均含量差异极显著（P<0.01），其中 AFB_1 含量最高的是重庆为 10.9 μg/kg，DON 含量最高的是四川为 1.07 mg/kg。2）不同蛋禽饲料品种之间的 4 种霉菌毒素的含量差异均不显著（P>0.05）。3）不同规模饲料厂中的蛋禽饲料样品的 AFB_1 含量差异显著（P<0.05），其中 AFB_1 含量最高的是小规模饲料厂（年产量<5 万 t）的饲料为 6.36 μg/kg。由此可见，我国西南地区的蛋禽配合饲料中 AFB_1、DON、ZON 和 FB 的污染广泛，不同地区和不同规模饲料厂蛋禽饲料间的霉菌毒素含量存在差异。

关键词：蛋禽；配合饲料；霉菌毒素；西南地区；分布规律

中图分类号：S816.33 文献标识码： 文章编号：

霉菌毒素是不同产毒真菌经过一段时间生长产生的多种化合物[1]，其性质稳定，不易分解。据统计，全世界每年有 25%的农作物遭到霉菌毒素的污染，造成了大量的人畜中毒死亡事件，经济损失达数千亿美元[2]。饲料中常见的霉菌毒素主要包括黄曲霉毒素 B_1

收稿日期：2015-08-07

基金项目：农业部专项项目——饲料产品中霉菌毒素污染状况摸底调查、科技部及四川省科技厅科技支撑项目（2014BAD13B04,2014NZ0043）

作者简介：李雅伶（1990—），女，安徽宿州人，硕士研究生，从事动物营养与饲料科学专业研究。E-mail: 1442118326@qq.com

*通信作者：柏 凡，研究员，硕士生导师，E-mail: baifan-111@163.com；张克英，教授，博士生导师，E-mail: zkeying@sicau.edu.cn

（AFB_1）、玉米赤霉烯酮（ZON）、呕吐毒素（DON）和伏马毒素（FB）等。近年来部分关于霉菌毒素的调查报告发现，我国部分地区的饲料原料及饲料产品中霉菌毒素的检出率达100%，且96%的饲料及其原料受到2种及2种以上霉菌毒素的污染[3]。而目前对于西南地区的不同蛋禽配合饲料产品中的霉菌毒素污染分布规律还未见相关的报道。本研究旨在了解西南地区不同省市蛋禽配合饲料产品中的霉菌毒素分布规律、不同品种蛋禽配合饲料中霉菌毒素的分布规律及不同规模饲料厂蛋禽配合饲料中的霉菌毒素分布规律，并帮助企业对霉菌毒素进行污染防护，保障养殖动物及其产品安全，提供一定的科学依据。

1　材料与方法

1.1　样品采集

在2014年8—10月，从四川省、重庆市、云南省、贵州省和广西省的不同规模饲料厂里采集蛋小鸡、产蛋高峰期蛋鸡和产蛋高峰期蛋鸭的配合饲料共计95个样品。不同规模饲料厂包括：小规模饲料厂（年产量<5万t）、中规模饲料厂（年产量5~10万t）、大规模饲料厂（年产量>10万t）。抽样方法严格按照《饲料采样》(GB/T 14699.1-2005)进行，每份样品不少于1 000 g，粉碎后过20目筛，样品在检测前置于-20 ℃下密封保存。

1.2　样品分析

所有样品检测AFB_1、ZON及DON含量，从中随机选取21个样品检测FB含量。样品检测时统一采用ROMER公司的酶联免疫吸附测定试验（ELISA）试剂盒进行初筛检测。由于ELISA不能准确定量[4]，因此初筛结果达到限量值80%以上的全部样品，再用高效液相色谱法（HPLC）（Agilent，美国）采用免疫亲和柱-高效液相色谱法进行检测。

1.3　判定标准

限量值的判定标准详见表1，超过限量值判定为超标，表1中执行依据为引用该标准的限量值，低于检出限的为未检出。

表 1 蛋禽配合饲料中霉菌毒素的限量标准和仪器检测方法

Table 1 Limited standards and detection methods of mycotoxins in layer feed

毒素 Toxins	试剂盒检出限 Limit of detection	执行依据 Reference	饲料名称 Feed	仪器检测方法 Detection method	限量值 Limit value
黄曲霉毒素 B_1 AFB_1	2 μg/kg	GB 13078—2001	蛋鸡配合饲料 蛋小鸡配合饲料 蛋鸭配合饲料	GB/T 30955—2014	≤20 μg/kg ≤10 μg/kg ≤15 μg/kg
呕吐毒素 DON	0.2 mg/kg	GB 13078.3—2007	家禽配合饲料	GB/T 30956—2014	≤5 mg/kg
玉米赤霉烯酮 ZON	0.02 mg/kg	GB 13078.2—2006	蛋禽配合饲料	GB/T 28716—2012	≤0.5 mg/kg
伏马毒素 FB	0.2 mg/kg	美国食品与药物管理局	蛋禽配合饲料	NY/T 1970—2010	≤50 mg/kg

NY/T 为行业标准，GB/T 为国家标准。NY/T was industry standard, and GB/T was national standard.

1.4 数据统计及处理

数据按所有饲料、不同饲料种类、不同省市、不同饲料企业规模分别用 SPSS 17.0 一般线性模型的 GLM 程序进行方差分析，含量结果用“平均值±标准差”表示，多重比较用 Duncan 氏法，P<0.05 表示差异显著，P<0.01 表示差异极显著。

2 结果与分析

蛋禽配合饲料霉菌毒素检测结果见表 2，4 种霉菌毒素均检出，其中 AFB_1 的检出率最低，为 83.16%，DON、ZON 和 FB 的检出率均在 90%以上；超标率最高的是 AFB_1 和 ZON，均为 3.16%，而 DON 和 FB 均无超标。变异范围最大的为 AFB_1，其次为 ZON。

2.1 不同品种蛋禽配合饲料的霉菌毒素污染情况

由表 3 可知，蛋鸡、蛋小鸡和蛋鸭配合饲料的 AFB_1 的检出率分别为 77.05%、85.71% 和 100%。蛋鸭饲料中 AFB_1 超标率最高为 10%，蛋鸡饲料中无 AFB_1 超标样品。蛋鸭饲料

中 AFB_1 的含量最高，达到 6.43 μg/kg；AFB_1 含量最低的是蛋小鸡饲料为 3.17 μg/kg，3 种饲料中 AFB_1 的含量间无显著差异（P>0.05）。从 DON 来看，蛋禽配合饲料中的 DON 检出率均在 90%以上，其中蛋小鸡饲料中 DON 的检出率达到 100%，但所有蛋禽饲料中均无 DON 超标。3 种饲料之间的 DON 含量差异不显著（P>0.05）。对于 ZON，蛋鸡、蛋小鸡和蛋鸭饲料中 ZON 的检出率均在 92%~95%，蛋鸭和蛋鸡饲料中 ZON 超标率分别为 5%和 3.28%，而蛋小鸡饲料无超标。不同品种蛋禽饲料中 ZON 含量无显著差异（P>0.05）。而对于 FB，除蛋小鸡饲料仅 1 个样品外，蛋鸡和蛋鸭饲料中 FB 检出率均达到 100%，但是超标率均为 0，二者 FB 含量无显著差异（P>0.05）。

表 2　蛋禽饲料霉菌毒素污染检出情况

Table 2　The mycotoxin contamination detection of layers feeds

项目 Items	黄曲霉毒素 B_1 AFB_1 /（μg/kg）	呕吐毒素 DON /（mg/kg）	玉米赤霉烯酮 ZON /（mg/kg）	伏马毒素 FB /（mg/kg）
样品数量 Number of samples	95	95	95	21
最大值 Maximum value	44.48	3.52	0.90	2.79
平均值 Average value	4.09±6.68	0.86±0.61	0.17±0.16	0.75±0.54
变异系数 CV/%	163.3	70.9	94.1	72.0
检出率 Detection rate/%	83.16	93.68	94.74	100
超标率 Over-limit rate/%	3.16	0	3.16	0
超标样品的平均值 Average value of over-limit samples	31.90±10.96		0.78±0.11	

平均值为所有样品的平均值，未检出的样品含量按照 0 计算；检出率=超过检出限的样品数/总样品数；超标率=超过限量值的样品数/总样品数。

Average value was the average of all samples, the content of undetected samples was 0; detection rate = number of samples exceeding the limit of detection/total number of samples; over-limit rate = number of samples exceeding the limit value/total number of samples.

2.2　西南地区不同省市蛋禽配合饲料的霉菌毒素污染情况

如表 4 所示，西蛋禽配合饲料中 AFB_1 以重庆的检出率（100%）和超标率（15.38%）最高，而云南、广西和贵州的检出率均高于四川，但均无超标样品；四川的检出率和超标率分别为 75%和 2.08%。重庆的 AFB_1 平均含量极显著高于其他 4 个地区（$P<0.01$）。而蛋禽配合饲料中四川和贵州的 DON 检出率达到 100%，但均未超标。四川饲料的 DON 含量最高，为 1.07 mg/kg，极显著高于广西（$P<0.01$），而其他地区饲料的 DON 含量差异均不显著（$P>0.05$）。

由表 5 可知，贵州和云南饲料中 ZON 的检出率达到 100%，其他地区的检出率均在 80%以上。云南的超标率最高为 5.88%，其次是四川（4.17%），其他地区均无超标样品。贵州饲料中 ZON 的含量最高（0.20 mg/kg），广西饲料中的 ZON 含量最低，显著低于四川、贵州和云南（$P<0.05$），而其他地区之间差异不显著（$P>0.05$）。从 FB 污染情况来看，除贵州外蛋禽配合饲料中 FB 检出率均为 100%，但超标率为 0。从饲料中 FB 的含量来看，四川最高（1.11 mg/kg），广西最低（0.4 mg/kg），各个地区之间差异不显著（$P>0.05$）。

2.3　不同规模饲料企业的蛋禽配合饲料中的霉菌毒素污染情况

由表 6 可知，大、中、小规模饲料厂的蛋禽配合饲料中 AFB_1 检出率均在 80%以上，其中大规模饲料厂 AFB_1 检出率最低，且无超标；中规模饲料厂 AFB_1 检出率最高，但超标率低于小规模饲料厂；小规模饲料厂 AFB_1 检出率略高于大规模饲料厂，但超标率最高，为 7.14%。从 AFB_1 的平均值来看，总体趋势是小规模饲料厂>中规模饲料厂>大规模饲料厂，其中小规模饲料厂与大规模饲料厂间差异显著（$P<0.05$）。3 种规模饲料厂饲料中蛋鸭饲料中 AFB_1 的含量均最高，特别是中规模饲料厂。

由表 7 可知，3 种规模饲料厂蛋禽饲料中 DON 的检出率均在 90%以上，但均未超标；各种规模饲料厂饲料中 DON 的含量差异不显著（$P>0.05$）。小、大规模饲料厂饲料中蛋小鸡饲料中 DON 含量均最高。

由表 8 可知，中等规模饲料厂蛋禽饲料中 ZON 的检出率达 100%，而小、大规模饲料厂中 ZON 的检出率分别是 89.29%和 95.65%。中等规模饲料厂饲料 ZON 超标率最高，为 4.76%，大规模饲料厂饲料中 ZON 超标率最低，为 2.17%。3 种规模饲料厂饲料中 ZON 的含量之间均差异不显著（P>0.05）。小规模饲料厂饲料中蛋鸭饲料中 ZON 的含量最高（0.24 mg/kg）。

由表 9 可知，各种规模饲料厂蛋禽饲料的 FB 检出率均高达 100%，但均未超标。中等规模饲料厂饲料中 FB 含量最高（1.03 mg/kg），小规模饲料厂最低（0.6 mg/kg），但 3 种规模饲料厂饲料中 FB 含量之间均差异不显著（P>0.05）。

表 3　不同品种蛋禽配合饲料中霉菌毒素污染检出情况

Table 3　The mycotoxin contamination detection of different layers feeds

项目 Items	蛋鸡配合饲料 Laying hen feed				蛋小鸡配合饲料 Pullet feed				蛋鸭配合饲料 Laying duck feed			
	黄曲霉毒素 B_1 AFB_1 /(μg/kg)	呕吐毒素 DON /(mg/kg)	玉米赤霉烯酮 ZON /(mg/kg)	伏马毒素 FB /(mg/kg)	黄曲霉毒素 B_1 AFB_1 /(μg/kg)	呕吐毒素 DON /(mg/kg)	玉米赤霉烯酮 ZON /(mg/kg)	伏马毒素 FB /(mg/kg)	黄曲霉毒素 B_1 AFB_1 /(μg/kg)	呕吐毒素 DON /(mg/kg)	玉米赤霉烯酮 ZON /(mg/kg)	伏马毒素 FB /(mg/kg)
样品数量 Number of samples	61	61	61	11	14	14	14	1	20	20	20	9
最大值 Maximum value	16.12	3.52	0.9	1.11	24.42	1.44	0.47	0.68	44.48	1.52	0.69	2.79
平均值 Average value	3.53±4.76	0.89±0.70	0.17±0.17	0.68±0.31	3.17±6.23	0.94±0.35	0.15±0.12		6.43±10.72	0.70±0.43	0.18±0.16	0.85±0.77
变异系数 CV/%	134.8	78.7	100	45.6	196.5	37.2	80		166.7	61.43	88.9	90.6
检出率/% Detection rate	77.05	93.44	95.08	100	85.71	100	92.86		100	90	95.00	100
超标率/% Over-limit rate	0	0	3.28	0	7.14	0	0		10	0	5	0
超标样品的平均值 Average value of over-limit samples			0.82±0.11		24.42				35.64±12.51		0.69	

表 4　不同地区蛋禽配合饲料中 AFB_1 和 DON 的污染检出情况

Table 4　AFB_1 and DON contamination detection of layers feed in different regions

项目 Items	黄曲霉毒素 B_1 AFB_1/(μg/kg)					呕吐毒素 DON/(mg/kg)				
	四川 *Sichuan*	重庆 *Chongqing*	贵州 *Guizhou*	广西 *Guangxi*	云南 *Yunnan*	四川 *Sichuan*	重庆 *Chongqing*	贵州 *Guizhou*	广西 *Guangxi*	云南 *Yunnan*
样品数量 Number of samples	48	13	11	6	17	48	13	11	6	17
最大值 Maximum value	26.79	44.48	4.19	5.72	13.33	3.52	1.77	1.45	0.79	1.48
平均值 Average value	$3.28±5.38^{Aa}$	$10.90±12.05^{B}$	$1.52±1.23^{Aa}$	$2.91±2.68^{Aa}$	$3.24±4.37^{Aa}$	$1.07±0.67^{Bb}$	$0.67±0.52^{ABab}$	$0.75±0.34^{ABab}$	$0.32±0.31^{Aa}$	$0.67±0.48^{ABab}$
变异系数 CV/%	164	110.5	80.9	92.1	134.9	62.6	77.6	45.3	96.9	71.6
检出率 Detection rate/%	75	100	90.90	83.33	88.24	100	84.62	100	66.67	88.24
超标率 Over-limit rate/%	2.08	15.38	0	0.	0	0	0	0	0	0.
超标样品的平均值 Average value of over-limit samples	26.79	34.45±14.18								

同种毒素同行数据肩标不同小写字母表示差异显著(P<0.05)，不同大写字母表示差异极显著(P<0.01)，相同或无字母表示差异不显著(P>0.05)。下表同。

Different letter superscripts in the same row of the same toxin mean significant difference （P<0.05）, and with different capital letter superscripts mean

significant difference (*P*<0.01), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference （*P*>0.05）. The same as below.

表 5　不同地区蛋禽配合饲料中 ZON 和 FB 的污染检出情况

Table 5　ZON and FB contamination detection of layers feed in different regions

项目 Items	玉米赤霉烯酮 ZON/(mg/kg)					伏马毒素 FB/(mg/kg)				
	四川 *Sichuan*	重庆 *Chongqing*	贵州 *Guizhou*	广西 *Guangxi*	云南 *Yunnan*	四川 *Sichuan*	重庆 *Chongqing*	贵州 *Guizhou*	广西 *Guangxi*	云南 *Yunnan*
样品数量 Number of samples	48	13	11	6	17	7	4	0	3	7
最大值 Maximum value	0.90	0.36	0.36	0.08	0.69	2.79	0.80		0.52	1.20
平均值 Average value	0.19±0.18[b]	0.12±0.10[ab]	0.20±0.10[b]	0.03±0.03[a]	0.18±0.17[b]	1.11±0.75	0.50±0.32		0.40±0.11	0.68±0.31
变异系数 CV/%	94.7	83.3	50	100	94.4	67.6	64		27.5	45.6
检出率 Detection rate/%	95.83	84.62	100	83.33	100	100	100		100	100
超标率 Over-limit rate/%	4.17	0	0	0	5.88	0	0		0	0
超标样品的平均值 Average value of over-limit samples	0.82±0.11				0.69					

表 6 不同规模饲料厂的蛋禽配合饲料中 AFB_1 的污染检出情况

Table 6 The AFB_1 contamination detection of layers feed from different scale company

项目 Items	小 Small				中 Medium				大 Large			
	蛋鸡 Laying hens	蛋小鸡 Pullets	蛋鸭 Laying ducks	合计 Total	蛋鸡 Laying hens	蛋小鸡 Pullets	蛋鸭 Laying ducks	合计 Total	蛋鸡 Laying hens	蛋小鸡 Pullets	蛋鸭 Laying ducks	合计 Total
样品数量 Number of samples	15	5	8	28	13	4	4	21	33	5	8	46
最大值 Maximum value/(μg/kg)	15.64	24.42	44.48	44.48	14.31	1.69	26.79	26.79	16.12	2.9	7.67	16.12
平均值 Average value/(μg/kg)	5.30±5.71	6.56±10.12	8.24±14.91	6.36±9.56^{b}	5.02±5.64	0.92±0.70	9.82±11.66	5.15±6.89^{ab}	2.14±3.47	1.58±0.73	2.93±2.64	2.22±3.14^{a}
变异系数 CV/%	107.7	154.3	180.9	150.3	112.4	76.1	118.7	133.8	162.1	46.2	90.1	141.4
检出率 Detection rate/%	73.33	80	100	82.14	92.31	75	100	90.48	72.73	100	100	80.43
超标率 Over-limit rate/%	0	20	12.5	7.14	0	0	25	4.76	0	0	0	0
超标样品的平均值 Average value of over-limit samples/(μg/kg)		24.42	44.48	34.45±14.18			26.79	26.79				

表 7　不同规模饲料厂的蛋禽配合饲料中 DON 的污染检出情况

Table 7　The DON contamination detection of layers feed from different scale company

项目 Items	小 Small				中 Medium				大 Large			
	蛋鸡 Laying hens	蛋小鸡 Pullets	蛋鸭 Laying ducks	合计 Total	蛋鸡 Laying hens	蛋小鸡 Pullets	蛋鸭 Laying ducks	合计 Total	蛋鸡 Laying hens	蛋小鸡 Pullets	蛋鸭 Laying ducks	合计 Total
样品数量 Number of samples	15	5	8	28	13	4	4	21	33	5	8	46
最大值 Maximum value/(mg/kg)	3.52	1.34	1.49	3.52	1.87	0.97	1.42	1.87	3.11	1.45	1.52	3.11
平均值 Average value/(mg/kg)	0.85±0.81	0.95±0.36	0.65±0.46	0.81±0.66	0.95±0.60	0.73±0.31	0.85±0.45	0.89±0.52	0.88±0.69	1.11±0.33	0.68±0.43	0.87±0.63
变异系数 CV/%	95.3	37.9	70.8	81.5	63.2	42.5	52.9	58.4	78.4	29.7	63.2	72.4
检出率 Detection rate/%	100	100	87.5	96.43	92.3	100	100	95.24	90.91	100	87.5	91.30
超标率 Over-limit rate/%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
超标样品的平均值 Average value of over-limit samples/(mg/kg)												

表 8　不同规模饲料厂的蛋禽配合饲料中 ZON 的污染检出情况

Table 8 The ZON contamination detection of layers feed from different scale company

项目 Items	小 Small				中 Medium				大 Large			
	蛋鸡 Laying hens	蛋小鸡 Pullets	蛋鸭 Laying ducks	合计 Total	蛋鸡 Laying hens	蛋小鸡 Pullets	蛋鸭 Laying ducks	合计 Total	蛋鸡 Laying hens	蛋小鸡 Pullets	蛋鸭 Laying ducks	合计 Total
样品数量 Number of samples	15	5	8	28	13	4	4	21	33	5	8	46
最大值 Maximum value/(mg/kg)	0.46	0.15	0.69	0.69	0.74	0.15	0.25	0.74	0.9	0.47	0.38	0.90
平均值 Average value/(mg/kg)	0.13±0.13	0.09±0.06	0.24±0.22	0.16±0.16	0.18±0.19	0.10±0.05	0.18±0.06	0.16±0.16	0.19±0.18	0.25±0.16	0.12±0.12	0.18±0.17
变异系数 CV/%	100	66.7	91.7	100	105.6	50	33.3	100	94.7	64	100	94.4
检出率 Detection rate/%	93.33	80	87.5	89.29	100	100	100	100	93.94	100	100	95.65
超标率 Over-limit rate/%	0	0	12.5	3.57	7.69	0	0	4.76	3.03	0	0	2.17
超标样品的平均值 Average value of over-limit samples/(mg/kg)			0.69	0.69	0.74			0.74	0.9			0.9

表 9 不同规模饲料厂的蛋禽配合饲料中 FB 的污染检出情况

Table 9 The FB contamination detection of layers feed from different scale company

项目 Items	小 Small				中 Medium				大 Large			
	蛋鸡 Laying hens	蛋小鸡 Pullets	蛋鸭 Laying ducks	合计 Total	蛋鸡 Laying hens	蛋小鸡 Pullets	蛋鸭 Laying ducks	合计 Total	蛋鸡 Laying hens	蛋小鸡 Pullets	蛋鸭 Laying ducks	合计 Total
样品数量 Number of samples	2	0	5	7	3	0	2	5	6	1	2	9
最大值 Maximum value/(mg/kg)	0.76		1.2	1.20	0.86		2.79	2.79	1.11	0.68	0.79	1.11
平均值 Average value/(mg/kg)	0.62±0.20		0.60±0.34	0.60±0.29	0.56±0.44		1.72±1.51	1.03±1.03	0.76±0.29	0.68	0.60±0.29	0.71±0.26
变异系数 CV/%	32.3		56.7	48.3	78.6		87.8	100	38.2		48.3	36.6
检出率 Detection rate/%	100		100	100	100		100	100	100	100	100	100
超标率 Over-limit rate/%	0		0	0	0		0	0	0	0	0	0
超标样品的平均值 Average value of over-limit samples/(mg/kg)												

3 讨　论

本次调查共检测了来自西南 5 个省市的 95 个蛋禽配合饲料样品，4 种霉菌毒素的检出率均较高，其中 DON、ZON 和 FB 的检出率均在 90%以上，而 AFB_1 检出率最低，也在 80%以上。但仅 AFB_1 和 ZON 超标，超标率均为 3.16%。由此表明，不同种类的蛋禽饲料中霉菌毒素的含量不同，不同地区和不同规模饲料厂的饲料中霉菌毒素的含量也有差异。

3.1　蛋禽饲料种类对霉菌毒素含量的影响

蛋鸡、蛋小鸡和蛋鸭饲料中 AFB_1、DON、ZON 和 FB 的污染情况各不相同，从 AFB_1 的污染情况来看，蛋鸡、蛋小鸡和蛋鸭配合饲料的 AFB_1 的检出率分别为 77.05%、85.71% 和 100%。而张自强等[5]、敖志刚等[6]和王若军等[7]报道，配合饲料中 AFB_1 的检出率均在 90%以上。从 AFB_1 的超标率来看，超标率最高的是蛋鸭配合饲料，其次是蛋小鸡配合饲料，蛋鸡饲料中无 AFB_1 超标样品。这可能是 3 种饲料 AFB_1 的限量标准不同，与蛋鸡配合饲料的限量标准（≤20 μg/kg）相比，蛋鸭配合饲料的限量标准（≤15 μg/kg）更严格，而蛋小鸡（≤10 μg/kg）对 AFB_1 的耐受力很低，因此对原料的选择更严格，所以超标率最低。张自强等[5]报道家禽配合饲料中 AFB_1 的超标率为 7.78%，本研究结果与之一致。王若军等[16]报道的配合饲料中 AFB_1 的超标率为 0，本研究结果与之不一致，可能是因为抽样地区和饲料品种不同。张自强等[5]报道家禽配合饲料的 AFB_1 的平均含量为 9.49 μg/kg，王若军等[7]报道全价饲料中 AFB_1 的平均含量为 8.27 μg/kg。本研究发现，西南地区饲料产品 AFB_1 的平均含量为 4.09 μg/kg，低于前人的报道，这可能与监管部门加强了对饲料原料中 AFB_1 的监管力度有关。

蛋小鸡、蛋鸭和蛋鸡配合饲料的 DON 检出率均高，但均未超标，三者含量无显著差异。本次调查中发现蛋禽配合饲料产品中的 DON 平均含量明显低于王金勇等[8]2013 年调查结果，分析可能因为 2012 年爆发了小麦赤霉病有关。

李荣涛等[9]2004 年对小麦和玉米中 ZON 研究发现，小麦和玉米中 ZON 的阳性检出率

均达到 100%；程传民等[10]2014 年研究发现，我国不同种类的饲料产品中 ZON 的检出率有很大差异。本次研究结果与之一致。本次研究结果发现，不同种类的蛋禽配合饲料中 ZON 的检出率达到 90%以上，其中蛋鸭和蛋鸡饲料超标。各类蛋禽配合饲料的 ZON 含量是 0.15~0.18 mg/kg，低于王金勇等[11]2013 年调查结果，可能是因为饲料样品的来源不同。黄广明等[12]2010 年统计了 2008、2009 和 2010 年全价饲料的 ZON 含量分别为 0.14、0.22 和 0.16 mg/kg。本次研究结果与之基本一致。蒋惠岚等[13]2011 年用 ELISA 法对广西地区的不同种类的配合饲料中的 ZON 进行检测发现，禽配合饲料中 ZON 的平均含量为 0.34 mg/kg，高于本次调查结果（0.17 mg/kg），可能是因为检测方法不同有关，ELISA 检测法的假阳性缺陷导致整体试验结果较高。

蛋鸡和蛋鸭配合饲料中 FB 的检出率均为 100%，但均未超标，平均含量为 0.75 mg/kg。王金勇[14]2012 年对全球饲料中霉菌毒素进行调查发现，全价饲料中 FB 的检出率为 64%，平均含量为 0.86 mg/kg，和本次研究结果不一致，可能是因为饲料的来源和品种不同。

3.2　不同省市对蛋禽饲料中的霉菌毒素含量的影响

四川、重庆、贵州、云南和广西地区气候情况各不相同，因而不同地区的饲料中霉菌毒素的含量也各不相同。刘兴玠等[15]报道，在我国 17 省的粮食中黄曲霉菌产毒菌株比例各不相同，因此产毒含量也各不相同，存在地区差异。张自强等[5]报道，我国 11 个省的饲料中 AFB_1 分布具有地域差异。本次研究结果与前人报道一致。蛋禽配合饲料中 AFB_1 以重庆的检出率（100%）、超标率（15.38%）和含量最高，云南、广西和贵州的检出率均高于四川，但均无超标样品；四川的检出率和超标率分别为 75%和 2.08%。AFB_1 是仓储性毒素，其产毒菌黄曲霉的生长、产毒与环境气候条件密切相关，在一定范围内表现为温度越高、相对湿度越高，黄曲霉生长越旺盛[16]。重庆蛋禽配合饲料产品的 AFB_1 含量和超标率较高的原因可能是重庆夏季温度高，秋季多雨，空气湿度大，更利于黄曲霉的生长。

甄阳光等[17]2009 年对全国 11 省市饲料原料和产品中 DON 的调查表明，北方地区的

DON 含量较高，存在地域差异。程传民等[18]2013 年调查小麦类饲料原料发现全国七大区域饲料中 DON 的污染情况也各不相同。本研究表明，四川蛋禽饲料产品中的 DON 含量极显著高于广西。DON 是一种田间毒素，生长需要合适的温度、湿度、氧气和能量。当谷物的水分含量为 22%、湿度为 85%左右、温度为 20 ℃时，谷物即产生大量的 DON[19]。和其他四省相比，四川地区的作物播种、生长、收货时的温度和湿度最适合 DON 的生长和产毒，因此四川的蛋禽配合饲料中 DON 污染最严重。

广西蛋禽配合饲料 ZON 的检出率和平均含量均最低，这可能与广西的气候有关，广西秋季干燥少雨，不利于镰刀菌的生长，而四川、重庆、云南、贵州全年降雨量偏多，因此蛋禽配合饲料中 ZON 的污染相对严重，这与雷元培等[20]的研究一致。程传民等[10]对全国地区的饲料原料中 ZON 的调查发现，除了东北地区以外，其他地区的超标率均在 10%左右。西南地区的蛋禽饲料产品 ZON 虽然检出率较高，但是超标率仅为 3.16%，这表明西南地区的饲料产品的 ZON 的污染远低于全国饲料原料水平，可能是为了保证生产出合格的饲料产品，饲料企业对饲料原料进行了筛选。

FB 广泛存在于世界各地的玉米、小麦、高粱等农作物中，其含量的高低与气候、种植及储存条件有关[14]。何树森等[21]研究表明，我国四川地区玉米中 FB_1 污染水平明显高于其他地区。与之相似，本次研究发现四川省的蛋禽配合饲料中 FB 含量高于重庆、云南和广西，这可能是由于四川地区湿度大、气候温和，有利于 FB 的产生。Ogunlade 等[22]研究表明，饲料 FB_1 含量在 15.2 mg/kg 以下不影响蛋鸡生长、产蛋能力及鸡蛋的营养价值。本次调查表明蛋禽配合饲料中 FB 的平均含量为 0.75 mg/kg，因此就本次的调查结果来看，蛋禽配合饲料中 FB 的含量在安全水平以下。

3.3 不同规模饲料厂的蛋禽配合饲料间霉菌毒素差异分析

本次研究结果发现，除了不同规模饲料厂的蛋禽配合饲料中 DON 和 FB 污染情况差异不明显外，中小规模饲料厂蛋禽配合饲料中 AFB_1 和 ZON 的污染情况比大规模饲料厂的严

重，这可能是因为大规模饲料厂的资金较充足，对饲料原料的选取和监控比小规模饲料厂要严格，小规模饲料厂的资金缺乏，对原料和产品的监控力度相对不足。

4 结 论

①西南地区蛋禽配合饲料检出霉菌毒素 AFB_1、ZON、DON 和 FB，检出率分别为 83.16%、94.74%、93.68%和 100%，AFB_1 和 ZON 的超标率均为 3.16%，而 DON 和 FB 未超标；平均含量分别是 4.09 μg/kg、0.17 mg/kg、0.86 mg/kg 和 0.75 mg/kg。

②蛋禽饲料中霉菌毒素含量随着饲料种类、地区和饲料厂规模的不同而变化，其中蛋鸭饲料中 AFB_1 的含量最高，蛋小鸡饲料中 DON 含量最高；重庆饲料中 AFB_1 含量最高，四川饲料中 DON 含量最高，贵州饲料中 ZON 含量最高；小规模饲料厂饲料中 AFB_1 的含量最高，中规模饲料厂中 FB 含量最高，各规模饲料厂的 DON 和 ZON 含量接近。

参考文献：

[1] RODRIGUES I,NAEHRER K.A three-year survey on the worldwide occurrence of mycotoxins in feedstuffs and feed[J].Toxins,2012,4(9):663–675.

[2] DEVEGOWDA G, RAJU M V L N, AFZALI N,et al.Mycotoxin picture worldwide:novel solutions for their counteraction[J].Feed Compounder (United Kingdom),1998,18(6):22–27.

[3] 杜妮.2013 年 7~12 月全国饲料及原料霉菌毒素污染及调查报告[J].国外畜牧学:猪与禽,2014,34(2):45–47.

[4] 赵丽红,马秋刚,李笑樱,等.抽样调查北京地区猪场饲料及饲料原料赭曲霉毒素 A 污染状况[J].动物营养学报,2012,24(10):1999–2005.

[5] 张自强,柏凡,张克英,等.我国饲料中黄曲霉毒素 B_1 污染的分布规律研究[J].中国畜牧杂志,2009,45(12):27–30.

[6] 敖志刚,陈代文.2006~2007 年中国饲料及饲料原料霉菌毒素污染调查报告[J].中国畜牧兽医,2008,35(1):152–156.

[7] 王若军,苗朝华,张振雄,等.中国饲料及饲料原料受霉菌毒素污染的调查报告[J].饲料工业,2003,24(7):53–54.

[8] 王金勇,刘颖莉,关舒.2012 年中国饲料和原料霉菌毒素检测报告[J].中国畜牧杂

志,2013,49(4):29–34.

[9] 李荣涛,谢刚,付鹏程,等.小麦和玉米中玉米赤霉烯酮污染情况初探(Ⅰ)[J].粮食储藏,2004(5):36–38.

[10] 程传民,柏凡,李云,等.2013 年玉米赤霉烯酮在饲料原料中的污染分布规律[J].中国畜牧杂志,2014,50(16):68–72.

[11] 王金勇,刘颖莉.2011 年第三季度中国饲料和原料中霉菌毒素污染调查报告[J].今日养猪业,2013(1):30–31.

[12] 黄广明,李肖红,段智勇,等.饲料及饲料原料中霉菌毒素污染状况的分析[J].养猪,2010(6):6–8.

[13] 蒋惠岚,唐承明,段亚丽,等.广西地区配合饲料霉菌毒素污染状况调查研究[J].饲料工业,2011,32(15):59–62.

[14] 王金勇.2011 年全球霉菌毒素调查报告[J].中国畜牧杂志,2012,48(14):49–52.

[15] 刘兴玠,尹秀英,李玉伟,等.我国各地区粮食中黄曲霉产毒性能的调查研究[J].中国医学科学院学报,1981,3(4):266–269.

[16] 李瑞芳,韩北忠,陈晶瑜,等.黄曲霉生长预测模型的建立及其在玉米储藏中的应用[J].中国粮油学报,2008,23(3):144–147.

[17] 甄阳光,柏凡,张克英,等.我国主要饲料原料及产品中呕吐毒素污染分布规律研究[J].中国畜牧杂志,2009,45(8):21–24.

[18] 程传民,柏凡,李云,等.2013 年小麦类饲料原料中霉菌毒素污染情况调查[J].粮食与饲料工业,2014,12(9):41–46.

[19] 李群伟,李德安,孟宪清,等.影响镰刀菌生长与产毒的基本因素的研究[J].中国地方病学杂志,1998,17(6):355–358.

[20] 雷元培,马秋刚,谢实勇,等.抽样调查北京地区猪场及饲料原料玉米赤霉烯酮污染状况[J].动物营养学报,2012,24(5):905–910.

[21] 何树森,辛又川,刘全秀,等.四川省部份主粮中霉菌及其毒素污染状况调查[J].预防医学情报杂志,1999,15(4):199–201.

[22] OGUNLADE J T, EWUOLA E O, GBORE F A,et al.Growth performance and egg quality traits of laying hens fed graded levels of dietary fumonisin B_1[J].IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology,2013,3(2):83–88.

Mycotoxin Distribution of Layers Feed in Southwest China[1]

LI Yaling[1] WANG Jianping[1] LI Yun[2] DING Xuemei[1] BAI Shiping[1] ZENG Qiufeng[1]

CHENG Chuanmin[2] GAO Qingjun[2] BAI Fan[2*] ZHANG Keying[1*]

（1. *Institute of Animal Nutrition*, *Sichuan Agricultural University*, *Chengdu* 611130, *China*; 2. *Feed Products Quality Monitoring Center of the Agricultural Ministry of China* (*Chengdu*), *Chengdu* 610041, *China*)

Abstract: The objective of this survey aim to study the mycotoxins contamination of layers feed in southwest area of China. A total of 95 feed samples from different area (*Sichuan*, *Chongqing*, *Guizhou*, *Guangxi* and *Yunnan*) of southwest were obtained to determine the contents of aflatoxin B_1 (AFB_1), zearalenone (ZON), deoxynivalenol (DON) and fumonisin (FB). Enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) was initially used for determination. Then, some samples would be detected by high performance liquid chromatography (HPLC) if the mycotoxins content was beyond 80% of the national limited standard. The results showed as follows:1) the detection rates of AFB_1, DON, ZON and FB in layer's feeds were 83.16%, 93.68%, 94.74% and 100%, respectively. The over-limit ratio of AFB_1 and ZON was 4.21% and 3.16%, while DON and FB were not observed to exceed the limits. The average content of AFB_1, DON and ZON in layer's feed of different province/city was significant different (P<0.01), with the *Chongqing* had the highest content of AFB_1 (10.9 μg/kg), *Sichuan* had the highest content of DON (1.07 mg/kg). 2) The average content of four mycotoxins had no significant difference in different feed type （P>0.05）. 3) The content of AFB_1 of layer's feed was observed to be different in different production scale company （P<0.05）, and the small-scale feed company (less than 50 000 t per year) had higher content of AFB_1 (6.36 μg/kg). It concluded that in southwest of China, the contamination of AFB_1, DON, ZON and FB are relative low in layer's feed, but the content of these four mycotoxins is difference in different regions and different scale enterprises.

Key words: layer; feed; mycotoxins; southwest region; distribution

*Corresponding authors, BAI Fan, professor, E-mail: baifan-111@163.com; ZHANG Keying, professor, E-mail: zkeying@sicau.edu.cn (责任编辑　武海龙)